



University of Cyprus
Department of Electrical and
Computer Engineering



Power System Modelling Laboratory

www.psm.ucy.ac.cy

Χ. Α. Χαραλάμπους
Αναπληρωτής Καθηγητής
Ιούνιος 2017

Παρουσίαση Εργαστηρίου &
Λογισμικών Εργαλείων



University of Cyprus
Department of Electrical and
Computer Engineering

Κύριοι Ερευνητικοί Τομείς

- ❑ Ανάλυση και έλεγχος Ηλεκτρομαγνητικών Παρεμβολών, από Συστήματα Ηλεκτρικής Ισχύος
- ❑ Γειώσεις και Αντικεραυνική Προστασία – Φωτοβολταϊκές Εφαρμογές, Σωληναγωγοί Μεταφοράς Φυσικού Αερίου.
- ❑ Ανάλυση και Έλεγχος Επιταχυνόμενης Ηλεκτρολυτικής Διάβρωσης σε υπόγειες κρίσιμες μεταλλικές υποδομές.

Άλλοι Ερευνητικοί Τομείς

- ❑ Εκτίμηση και Διαχείριση Κινδύνου σχετικού με τη Λειτουργία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ισχύος Α.Π.Ε (Κανονικές Συνθήκες και Συνθήκες Σφάλματος)
- ❑ Αξιολόγηση Συντελεστών Απωλειών σε Συστήματα Διανομής με αυξημένη διείσδυση ΑΠΕ
- ❑ Λειτουργία και Αξιολόγηση Μετασχηματιστών Ισχύος σε Μεταβατικές Συνθήκες Χαμηλής Συχνότητας

Highlights



Valued Quality. Delivered.

Intertek UK and PSM Lab sign a contract for a research project

November 2, 2015



PSM Consulting on a Tram-Train Project in U.K.

August 11, 2015



DERlab refers to PSM/FOSS in 2015 Activity Report

August 11, 2015



PSM/EAC Publish Technical Guides on PV's Lightning Protection

August 10, 2015



PSM contributes to JRC study for Cyprus Distribution Network of the Future

August 11, 2015



PSM consulting for the Thessaloniki Metro

September 21, 2014

Δημοσιεύσεις και Χρηματοδότηση

Δημοσιεύσεις σε Επιστημονικά Περιοδικά και Πρακτικά Διεθνών Συνεδρίων :

Books/Technical Guides	1 Book + 2 Technical Guides
Book Chapters	3 (<i>Power Factory Applications for Power System Analysis: Springer</i>)
Journal Articles	26 (<i>12 IEEE Transactions, 6 IET/IEE, 1 Energy Policy, 2 Other</i>)
Conference Papers	38 (<i>IEEE, ISH, IPST, ICLP, CIGRE, NACE</i>)

Πηγές Εξωτερικής Χρηματοδότησης:



Παραδείγματα Εφαρμογών Ερευνητικής Εργασίας

- Ανάλυση και Έλεγχος Επιταχυνόμενης Ηλεκτρολυτικής Διάβρωσης σε υπόγειες κρίσιμες μεταλλικές υποδομές

	Περιγραφή Έργου	Αναθέτουσα Αρχή / Συνεργαζόμενος Φορέας
1	Υπόγειο Σύστημα ΜΕΤΡΟ – New York City	 Total Quality. Assured.
2	Υπόγειο Σύστημα ΜΕΤΡΟ – Θεσσαλονίκη	
3	Υπέργειο Σύστημα Σιδηροδρόμου μεταξύ Sheffield και Rotherham	 
4	Υπέργειο Σύστημα ΜΕΤΡΟ – Manchester	 Total Quality. Assured.

Παραδείγματα Εφαρμογών Ερευνητικής Εργασίας

- ❑ Μελέτη Περιορισμού Ηλεκτρομαγνητικών Επιδράσεων σε τμήμα του Διαδριατικού Αγωγού Φυσικού Αερίου (TAP), από την παρακείμενη λειτουργία εναέριων γραμμών ΥΤ και ΜΤ.
- Στόχοι της μελέτης ήταν η εξάλειψη κινδύνων ηλεκτροπληξίας και η διατήρηση της δομικής ακεραιότητας του αγωγού σε βάθος χρόνου



**Power System
Modelling
Laboratory**

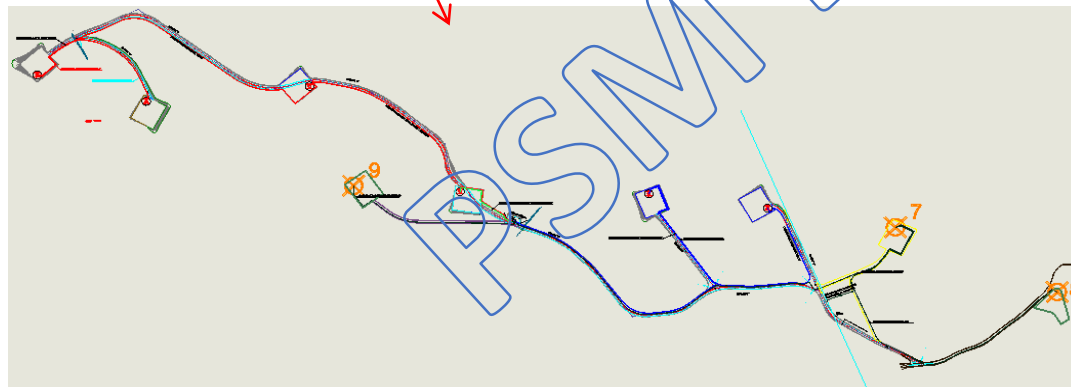
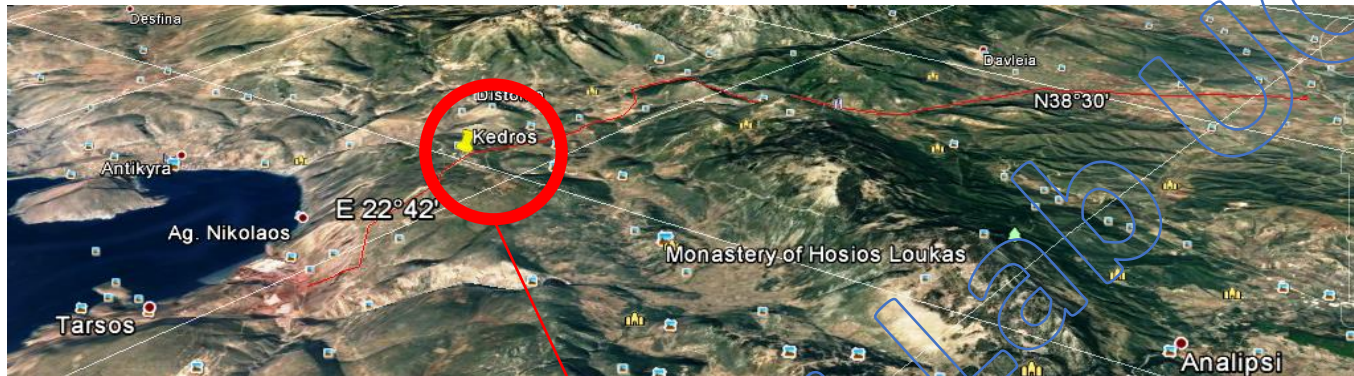


University of Cyprus
Department of Electrical and
Computer Engineering



Παραδείγματα Εφαρμογών Ερευνητικής Εργασίας

- ❑ Μελέτη Περιορισμού Ηλεκτρομαγνητικών Επιδράσεων σε τμήμα του Αγωγού Φυσικού Αερίου ΔΕΣΦΑ από την παρακείμενη λειτουργία Αιολικού Πάρκου συνολικής Ισχύος 28.8 MW
- Στόχοι της μελέτης ήταν η εξάλειψη κινδύνων ηλεκτροπληξίας και η διατήρηση της δομικής ακεραιότητας του αγωγού σε βάθος χρόνου



Παραδείγματα Εφαρμογών Ερευνητικής Εργασίας

- ❑ Μελέτη Περιορισμού Ηλεκτρομαγνητικών Επιδράσεων σε υποθαλάσσιο αγωγό από την παρακείμενη λειτουργία υποθαλάσσιου καλωδίου μεταφοράς ηλεκτρικής ισχύος και οπτικών ινών
- Στόχοι της μελέτης ήταν η αξιολόγηση κινδύνων ηλεκτρολυτικής διάβρωσης και η διατήρηση της δομικής ακεραιότητας του αγωγού σε βάθος χρόνου



intertek
Total Quality. Assured.

Αντικείμενο Σημερινής Παρουσίασης

- Παρουσίαση 3 λογισμικών εργαλείων τα οποία έχουν άμεση σχέση με τον υπολογισμό και την αξιολόγηση παραμέτρων που αφορούν στα επιμέρους στοιχεία ενός Εξωτερικού Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας

The image displays three software interfaces used for lightning protection system design:

- Ελέγχο Εργαλείο Υπολογισμού Αντίστασης v2:** A calculation tool with input fields for soil resistivity (100 Ω-m), rod diameter (14 mm), number of rods per side (4), rod length (3 m), and spacing (5 m). It includes a 3D diagram of a rod array and a "Υπολόγισε" (Calculate) button. The result for resistance is 4.3 Ω.
- Lightning Protection Engineering Tools:** A 3D modeling tool showing a building with a lightning protection system. It includes a table for Structure, Protrusions, PV panels, and Rods.
- Lightning Protection System Design:** A system design tool showing the selection of earthing arrangement type and LPS class/soil resistivity. It includes a 3D diagram of a lightning rod and a result of 50.0 m for the minimum required horizontal electrode length.

Structure				PROTECTED
LENGTH	WIDTH	HEIGHT		
30.00m	30.00m	6.00m		

Protrusions				PROTECTED			
ID	X	Y	LENGTH	WIDTH	HEIGHT		
2	12.18	10.86	3.20m	1.13m	3.20m		✓

PV panels				PROTECTED			
ID	X	Y	LENGTH	WIDTH	HEIGHT		
1	14.66	16.43	3.00	14.40m	0.30m		✓

Rods				WIRED			
ID	X	Y	CLASS	HEIGHT			
209	32	115.03	3	6.00m	2		
210	32	115.03	3	6.00m	1		

Lightning Protection System Design

Select earthing arrangement type
Type A horizontal

Select LPS class and soil resistivity
Class: Class 1
Soil resistivity ρ (Ωm): 2,000

Result
The minimum required horizontal electrode length (m) is: 50.0 m

Συνοπτική Αναφορά στα Εργαλεία Υπολογισμού

□ Τα λογισμικά εργαλεία:

- Αναπτύχθηκαν από μεταπτυχιακούς Φοιτητές του Παν. Κύπρου στα πλαίσια ερευνητικών δραστηριοτήτων
- Χορηγία από ΕΛΕΜΚΟ, ΑΒΕΕ
- Διατίθενται Δωρεάν
- Χρήση από Ηλεκτρολόγους Μηχανικούς για υποστήριξη σχετικών μελετών
- Χρήση για εκπαίδευση και κατανόηση των διατάξεων των σχετικών προτύπων

□ Περιγραφή:

1. Εργαλείο Σχεδιασμού και Αξιολόγησης Συλλεκτηρίου Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας, IEC 62305-3
2. Εργαλείο Αξιολόγησης Συστήματος Αγωγών Καθόδου και Αποστάσεων Ασφαλείας, IEC 62305-3
3. Εργαλείου Υπολογισμού Αντίστασης Γείωσης (BS 7430, IEEE 80)

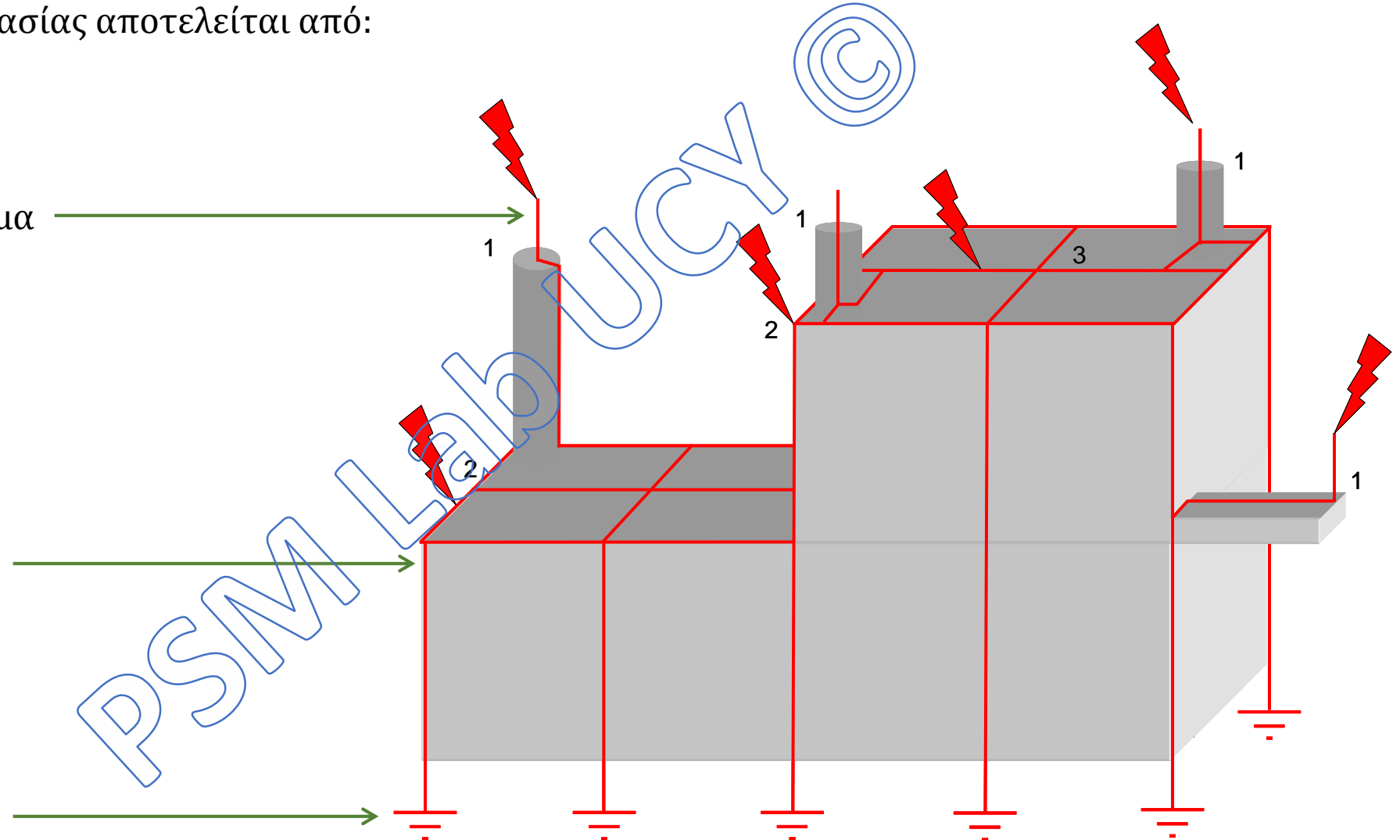
Υπόβαθρο Υλοποίησης Λογισμικών Εργαλείων

- Σύμφωνα με τα ισχύοντα εθνικά, ευρωπαϊκά και διεθνή πρότυπα σειράς 62305 ένα σύστημα εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας αποτελείται από:

1. Συλλεκτήριο Σύστημα

2. Σύστημα Αγωγών Καθόδου


3. Σύστημα Γείωσης



Λογισμικό Εργαλείο Υπολογισμού Αντίστασης Γείωσης

Ελέμκο Εργαλείο Υπολογισμού Αντίστασης v2

Καλώς ήρθατε | Μονοστρωματικό έδαφος | Υπολογισμός Αντίστασης | Υπολογισμός Διάστασης | Υπολογισμός Αριθμού Ραβδών | Διαστρωματικό έδαφος | Σχετικά

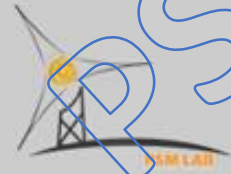


Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα υπολογισμού της αντίστασης γείωσης ενός ηλεκτροδίου γείωσης, τις διαστάσεις του ηλεκτροδίου ώστε να επιτευχθεί η αιτούμενη τιμή της αντίστασης ή των αριθμών των ραβδών που χρειάζονται για συγκεκριμένη αντίσταση.


Έκδοση 2.0

Αντίσταση | **Διάσταση** | **Αριθμός Ραβδών**

Αναπτύχθηκε από : Power System Modeling Laboratory, University of Cyprus



Power System Modelling Laboratory



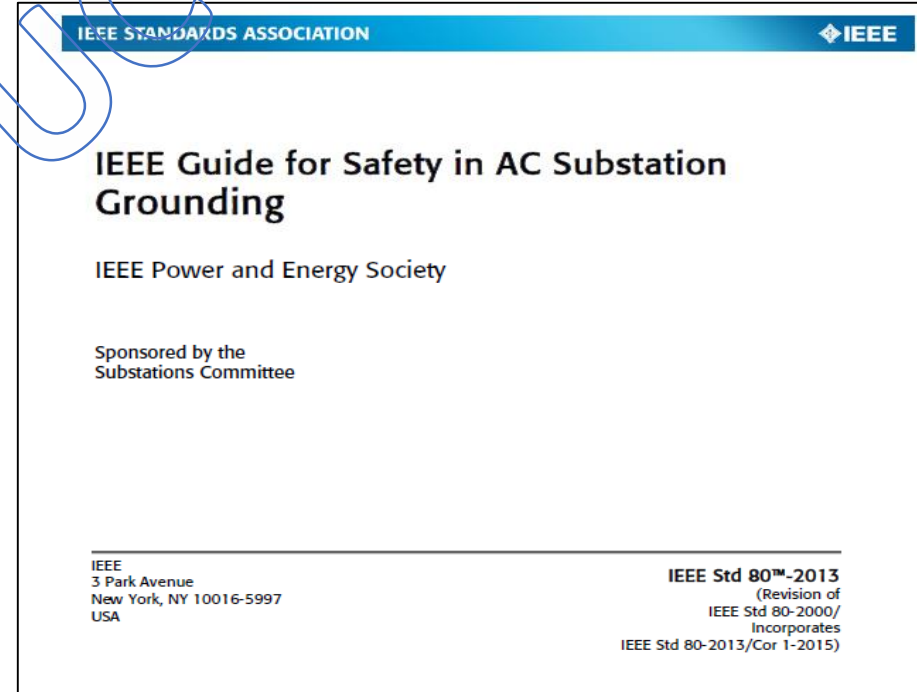
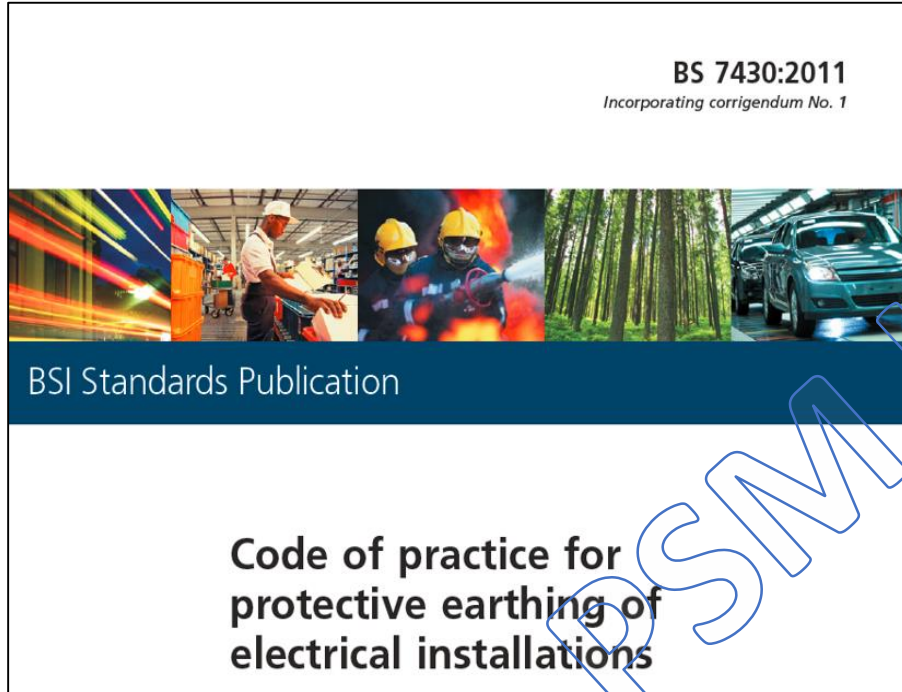
University of Cyprus

<http://psm.ucy.ac.cy/>

Αναφορά σε Διεθνή Πρότυπα

□ Οι υπολογισμοί του Λογισμικού Εργαλείου εφαρμόζουν τις μαθηματικές εξισώσεις που ορίζονται από :

- **BS 7430:2011**, “Code of practice for protective earthing of electrical installations”
- **IEEE Std 80-2000**, “IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding”



Παραδείγματα Υπολογισμών με βάση το BS 7430:2011

9.5.3 Rod electrode

The resistance of a rod R_r in ohms (Ω) may be calculated from:

$$R_r = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\log_e \left(\frac{8L}{d} \right) - 1 \right]$$

where:

- ρ is the resistivity of soil, in ohm metres (Ωm);
- L is the length of the electrode, in metres (m);
- d is the diameter of the rod, in metres (m).



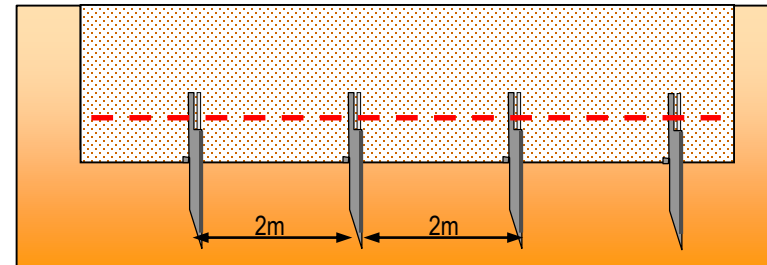
9.5.4 Parallel connection of aligned rods

The resistance R_t in ohms (Ω) of n vertically driven rods set s metres apart may be calculated from:

$$R_t = \frac{1}{n} \frac{\rho}{2\pi L} \left[\log_e \left(\frac{8L}{d} \right) - 1 + \frac{L}{s} \log_e \left(\frac{1.78n}{2.718} \right) \right]$$

where:

- ρ is the resistivity of soil, in ohm metres (Ωm);
- L is the length of the electrode, in metres (m);
- n is the number of rods;
- s is the spacing between the rods, in metres (m).



Παραδείγματα Υπολογισμών με βάση το BS 7430:2011

□ Η πολυπλοκότητα των εξισώσεων αυξάνεται για σύνθετους τύπους και διατάξεις ηλεκτροδίων

9.5.8.5 Vertical rods in a hollow square

The resistance R_{TOT} of rods set out in a hollow square [see Figure 15e)] may be calculated from:

$$R_{TOT} = R_r \left(\frac{1 + \lambda \rho / 2\pi R_1 s}{n} \right)$$

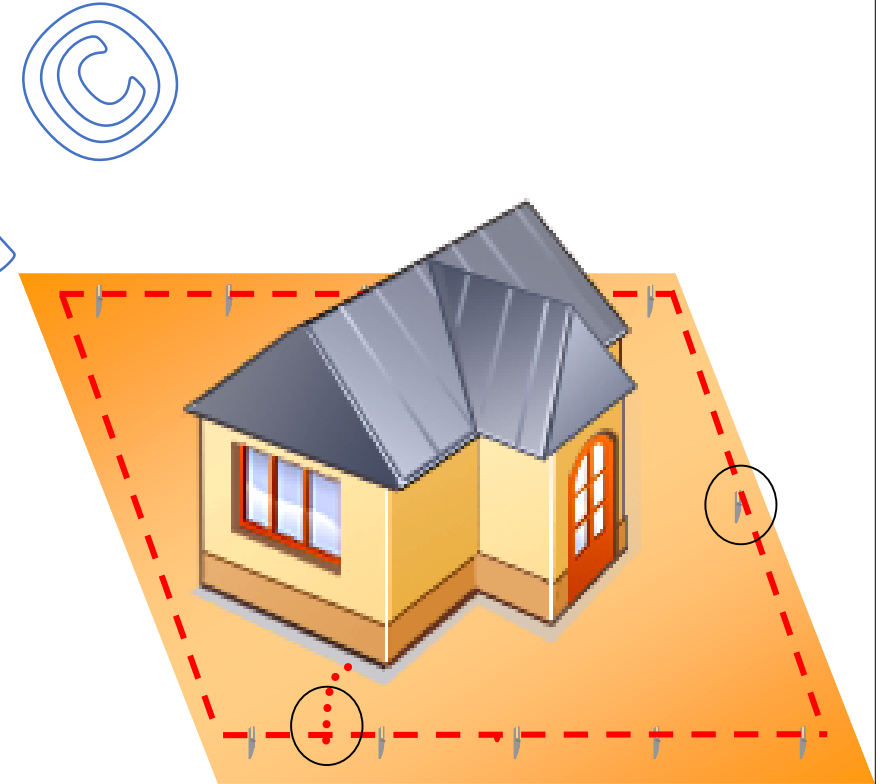
where

- R_r is the resistance of one rod, in oms (Ω);
- λ is the factor in Table 2;
- ρ is the resistivity of soil, in ohm metres (Ωm);
- s is the spacing of rods, in metres (m);
- n is the number of rods used as electrodes (see the note to Table 2).

Table 2 Factors for vertical electrodes arranged in a hollow square

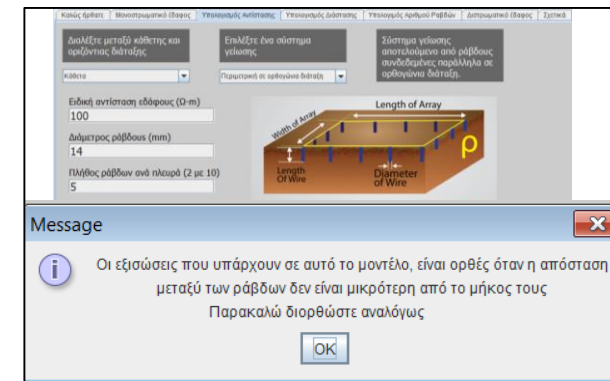
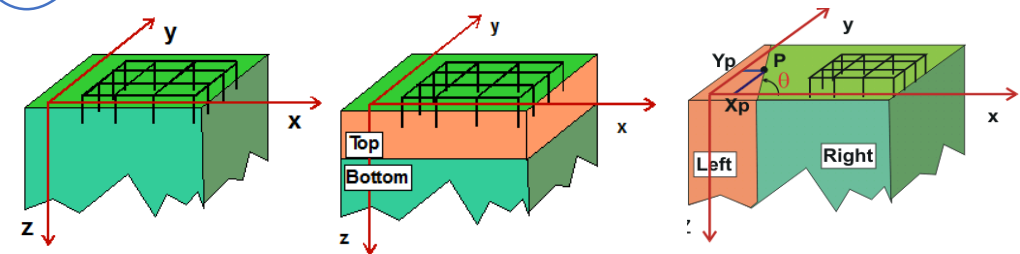
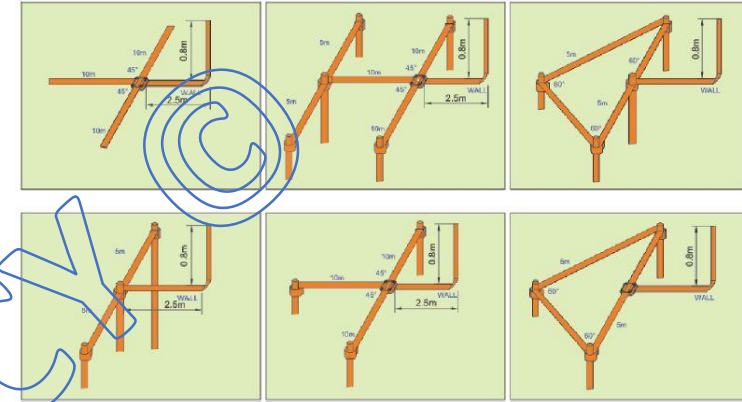
Number of electrodes (n) along the side of the square	Factor λ	Number of electrodes (n) along the side of the square	Factor λ
2	2.71	9	7.65
3	4.51	10	7.90
4	5.46	12	8.22
5	6.14	14	8.67
6	6.63	16	8.95
7	7.03	18	9.22
8	7.30	20	9.40

NOTE The number of electrodes around the square is $4(n - 1)$.

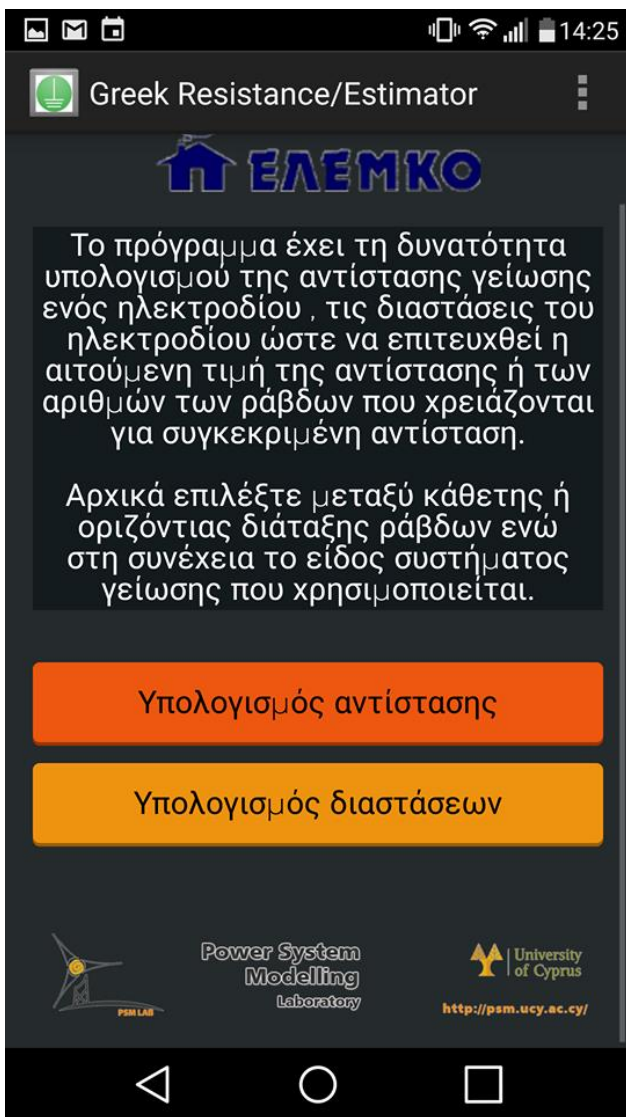


Δυνατότητες Λογισμικού Εργαλείου Υπολογισμού Αντίστασης Γείωσης

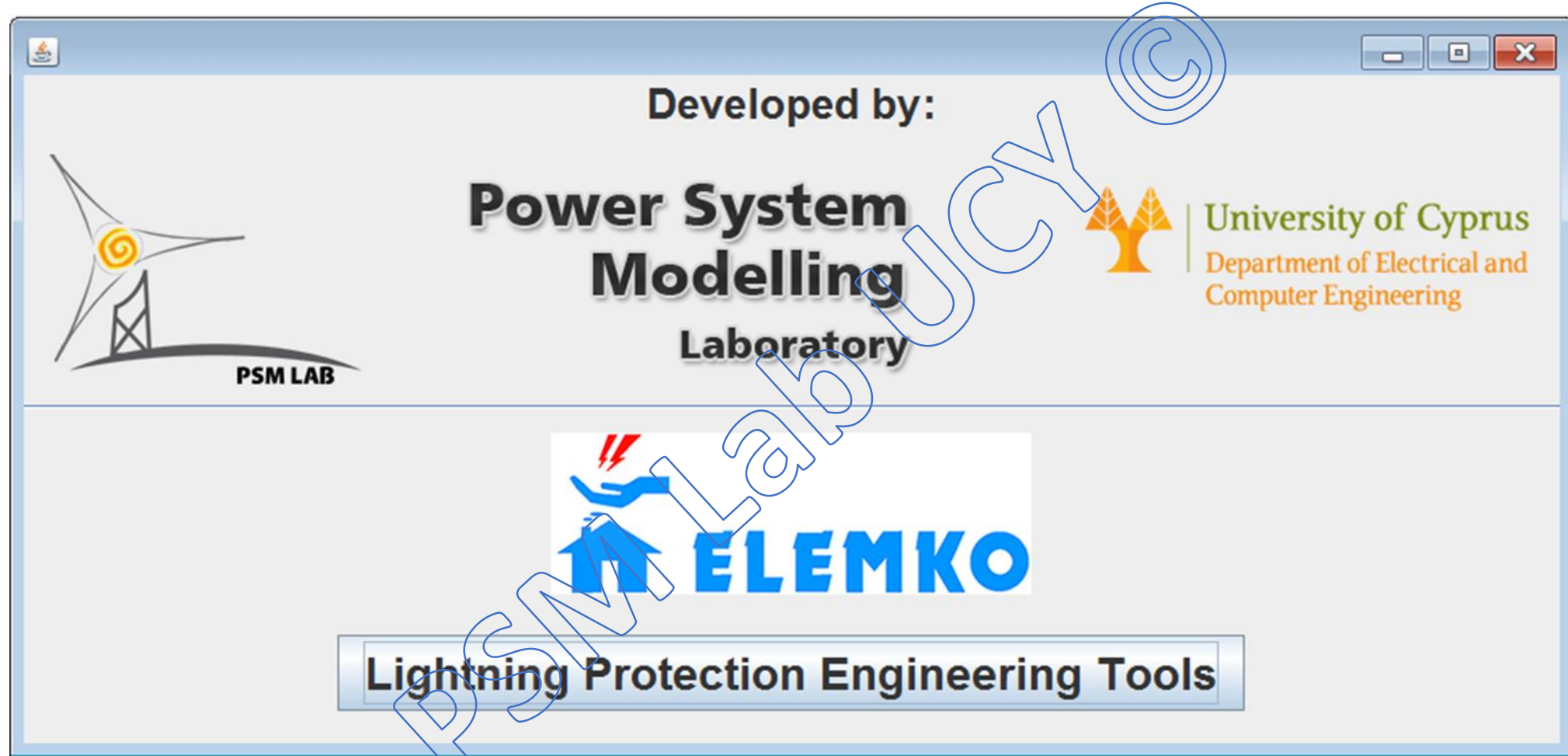
- ❑ Υπολογισμός Αντίστασης Γείωσης για 9 διαφορετικές διατάξεις και τύπους ηλεκτροδίων.
- ❑ Υπολογισμός διαστάσεων του ηλεκτροδίου ώστε να επιτευχθεί η αιτούμενη τιμή της αντίστασης. Ο υπολογισμός αφορά επίσης 9 διαφορετικές διατάξεις και τύπους ηλεκτροδίων.
- ❑ Οι υπολογισμοί εκπονούνται λαμβάνοντας υπόψη ότι:
 - Τα ηλεκτρόδια είναι τοποθετημένα σε μονοστρωματικά εδάφη.
 - Τα ηλεκτρόδια είναι τοποθετημένα σε διστρωματικά εδάφη (κάθετος ή οριζόντιος διαχωρισμός).
- ❑ Οι υπολογισμοί εκπονούνται λαμβάνοντας υπόψη τους μαθηματικούς περιορισμούς των εξισώσεων των προτύπων.
 - Όπου εφαρμόζουν περιορισμοί, αυτοί αναφέρονται σε μορφή μηνύματος.



Συνοπτική Επίδειξη Λειτουργίας



Λογισμικό Εργαλείο Σχεδιασμού Συλλεκτηρίου Συστήματος Εξωτερικής Αντικεραυνικής Προστασίας



Αναφορά σε Διεθνή Πρότυπα

❑ Οι υπολογισμοί του Λογισμικού Εργαλείου εφαρμόζουν τις διατάξεις του προτύπου:

➤ **EN 62305 -3** “*Protection Against Lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*”

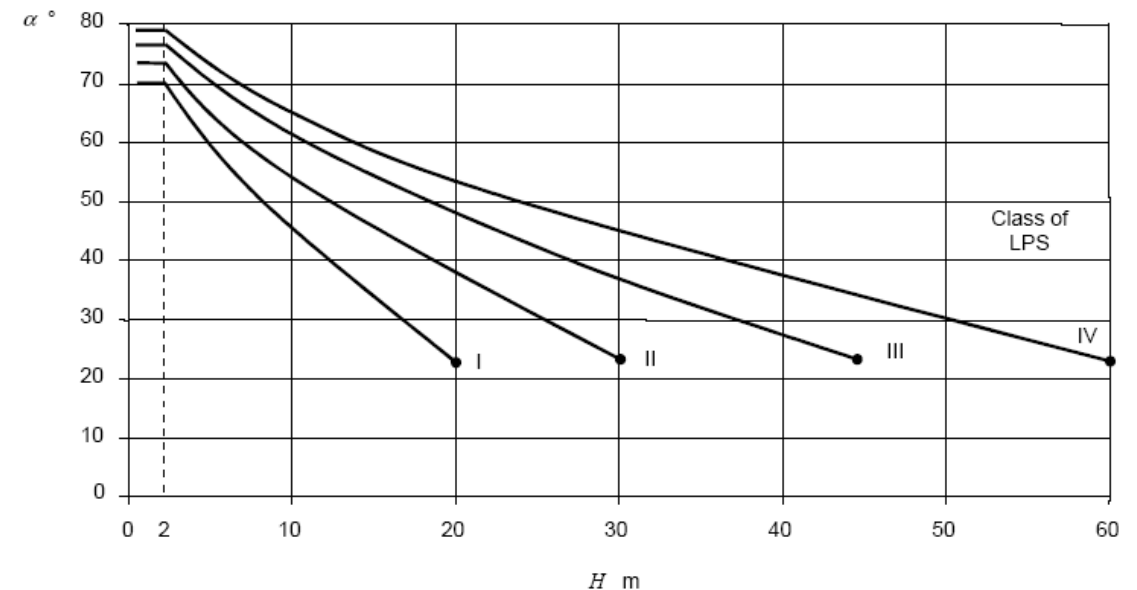
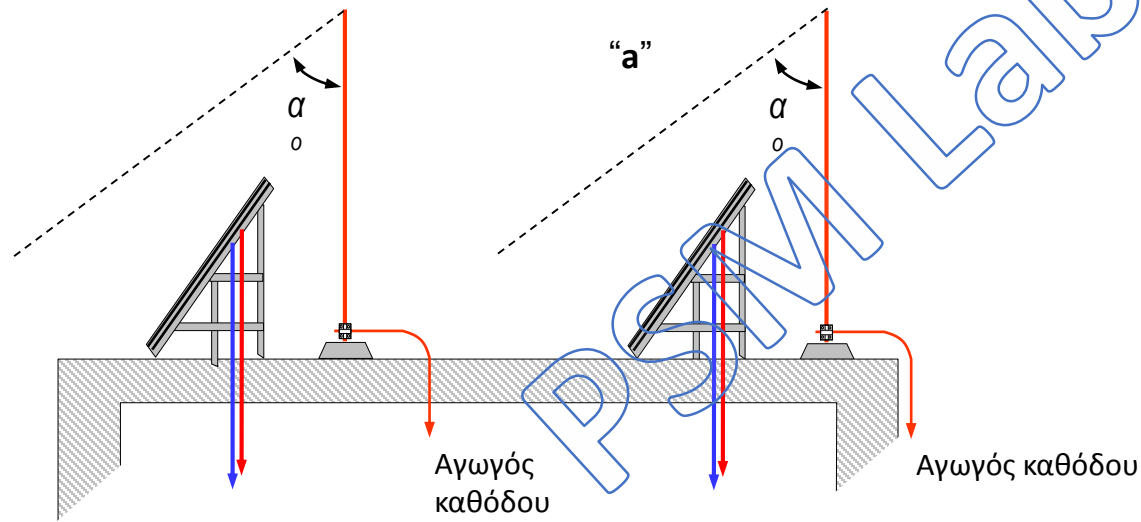
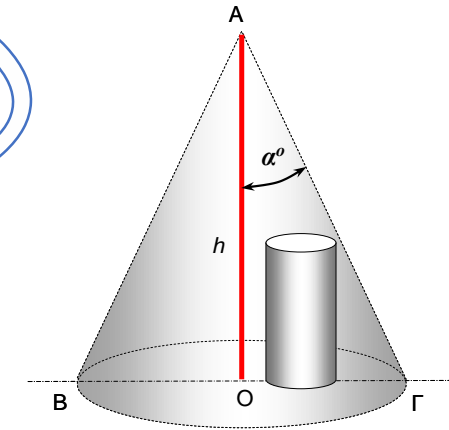
CYPRUS STANDARD	CYS EN 62305-3:2011
<p>Protection against lightning -</p> <p>Part 3: Physical damage to structures and life hazard</p>	

❑ Σχεδιασμός Συλλεκτηρίου Συστήματος:

- Μέθοδος Γωνίας Προστασίας
- Σύστημα κλωβού *Faraday*
- Μέθοδος Κυλιόμενης σφαίρας

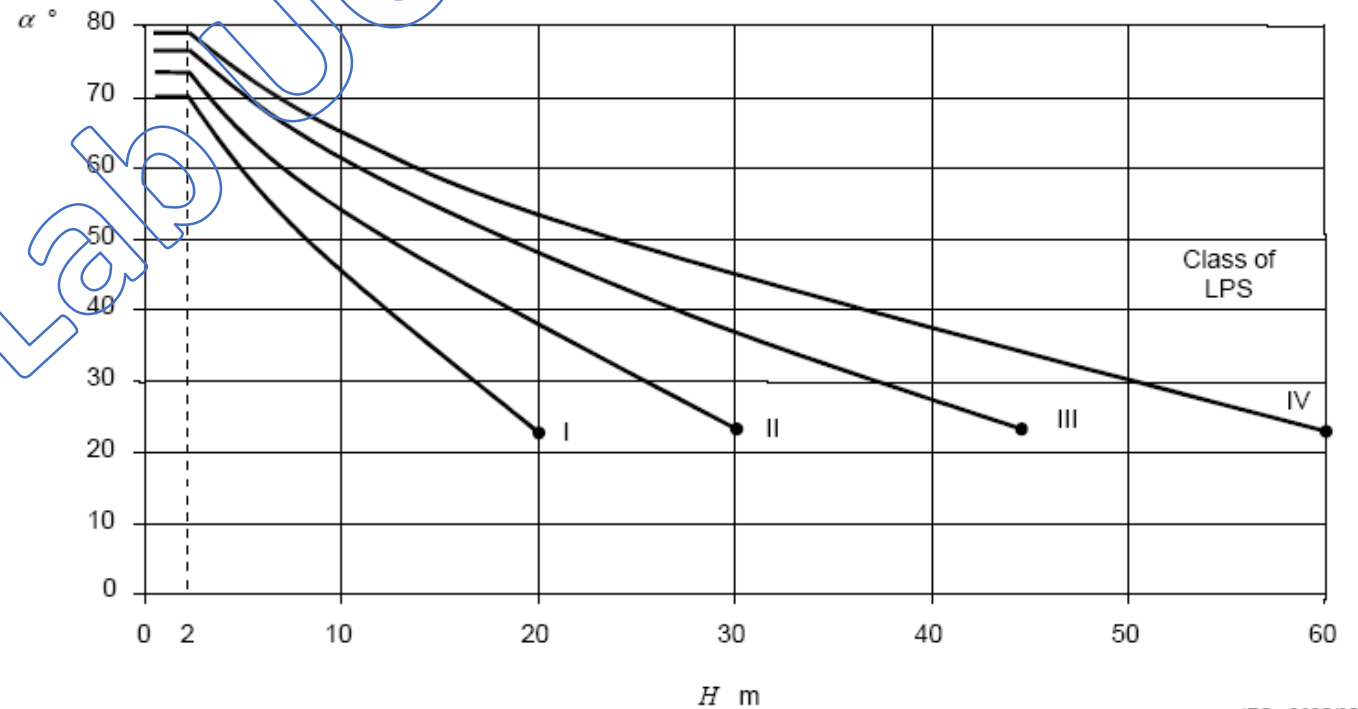
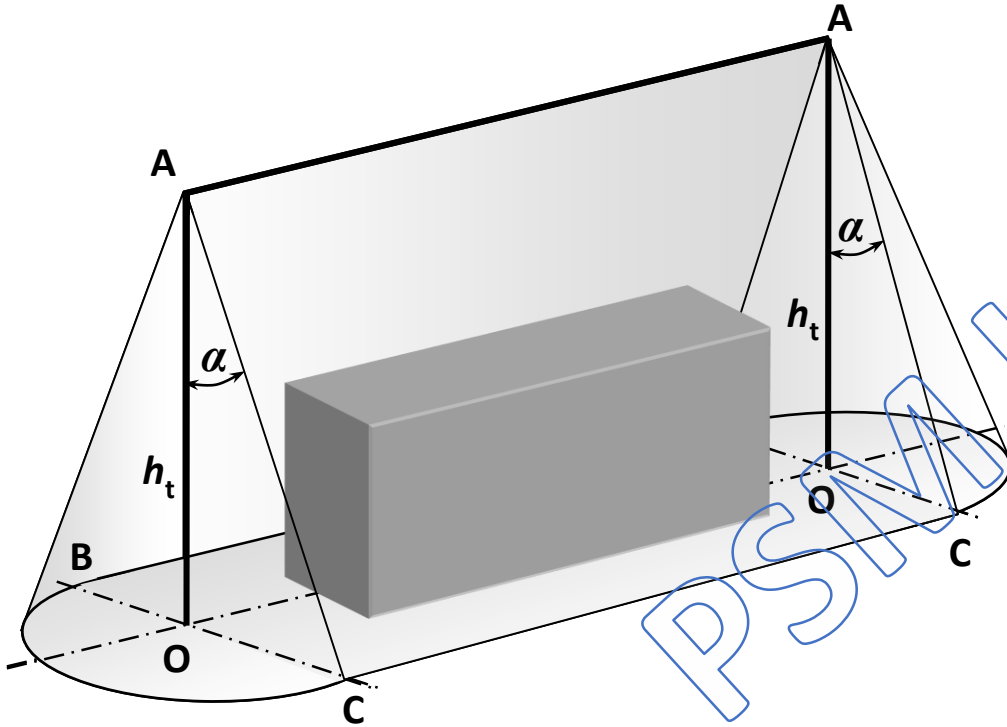
Σχεδιασμός Συλλεκτηρίου Συστήματος – Γωνία προστασίας EN 62305-3

- ❑ Προστατεύει από κεραυνούς το μέρος του χώρου που περιλαμβάνει ο όγκος ενός κώνου που το ύψος του είναι από το έδαφος μέχρι το άκρο της ακίδας και έχει γωνία κορυφής που κυμαίνεται ανάλογα με τις απαιτήσεις προστασίας οι οποίες προκύπτουν από την εκτίμηση κινδύνου.



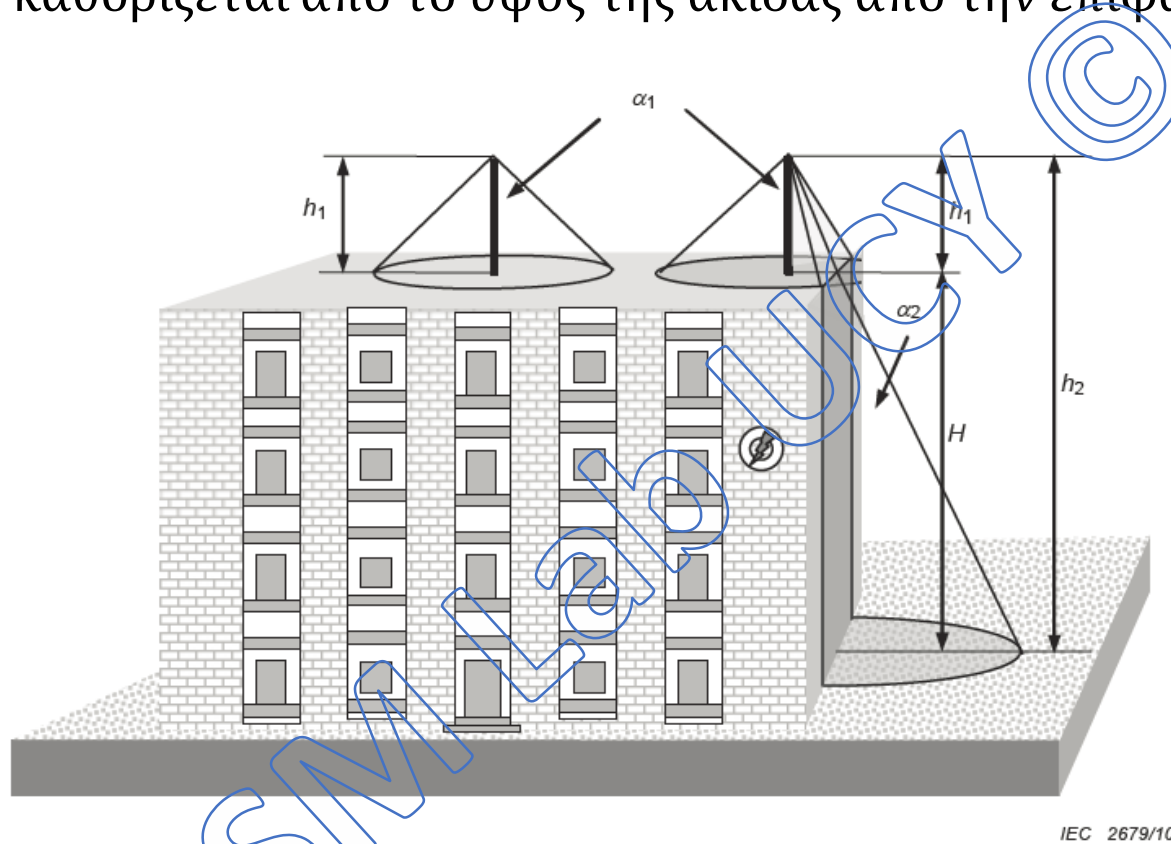
Σχεδιασμός Συλλεκτηρίου Συστήματος – Γωνία προστασίας με τεταμένους αγωγούς

- ❑ Προστατεύει από κεραυνούς το μέρος του χώρου - μεταξύ 2 ακίδων που συνδέονται με τεταμένο συρματόσχοινο. Οι γωνίες προστασίας κυμαίνονται ανάλογα με τις στάθμες προστασίας οι οποίες προκύπτουν από την εκτίμηση κινδύνου.



Παραδείγματα Υπολογισμών από το EN 62305-3

- Παράδειγμα υπολογισμού περιοχής προστασίας από 2 ακίδες επί κτηρίου με επίπεδη οροφή. Η περιοχή προστασίας καθορίζεται από το ύψος της ακίδας από την επιφάνεια που εξετάζεται.



IEC 2679/10

Key

- H height of the building over the ground reference plane
- h_1 physical height of an air-termination rod
- h_2 $h_1 + H$, being the height of the air-termination rod over the ground
- α_1 the protection angle corresponding to the air-termination height $h = h_1$, being the height above the roof surface to be measured (reference plane)
- α_2 the protection angle corresponds to the height h_2

Παραδείγματα Υπολογισμών από το EN 62305-3

- Παράδειγμα υπολογισμού περιοχής προστασίας από ακίδα επί κτηρίου με κεκλιμένη οροφή. Ο υπολογισμός απαιτεί καλή γνώση γεωμετρίας.

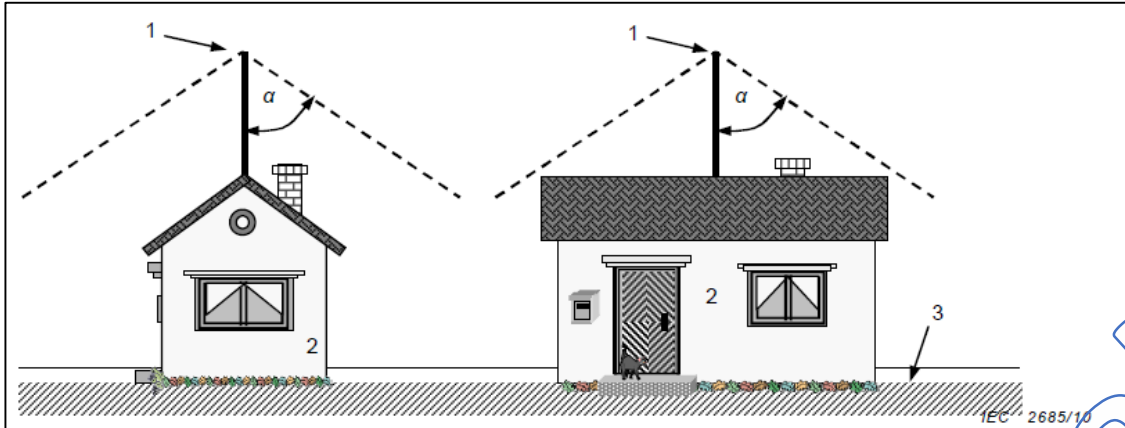


Figure E.15a – Example using one air-termination rod

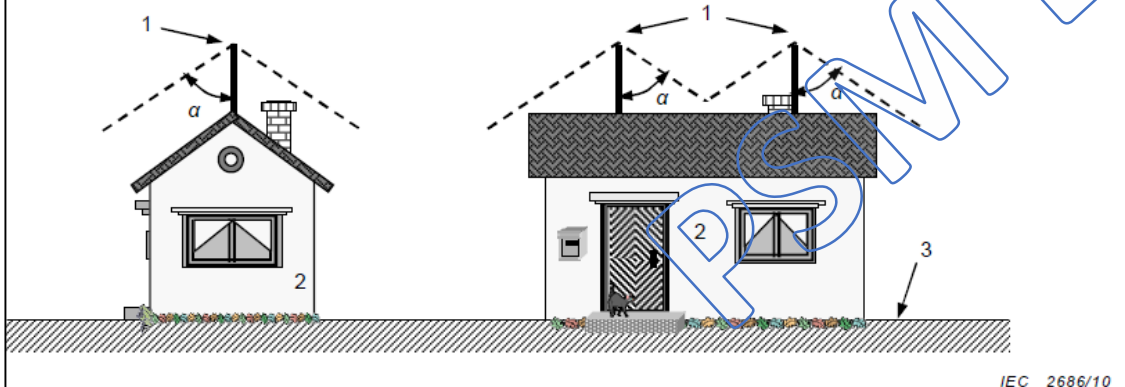
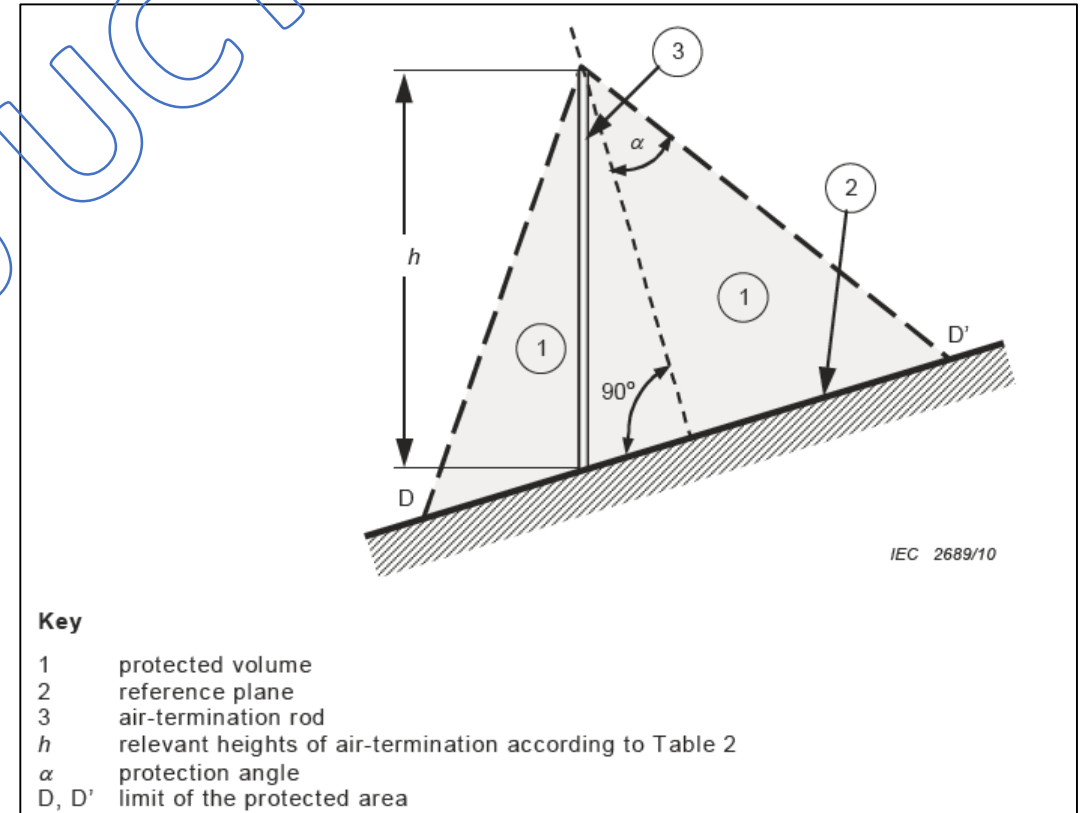
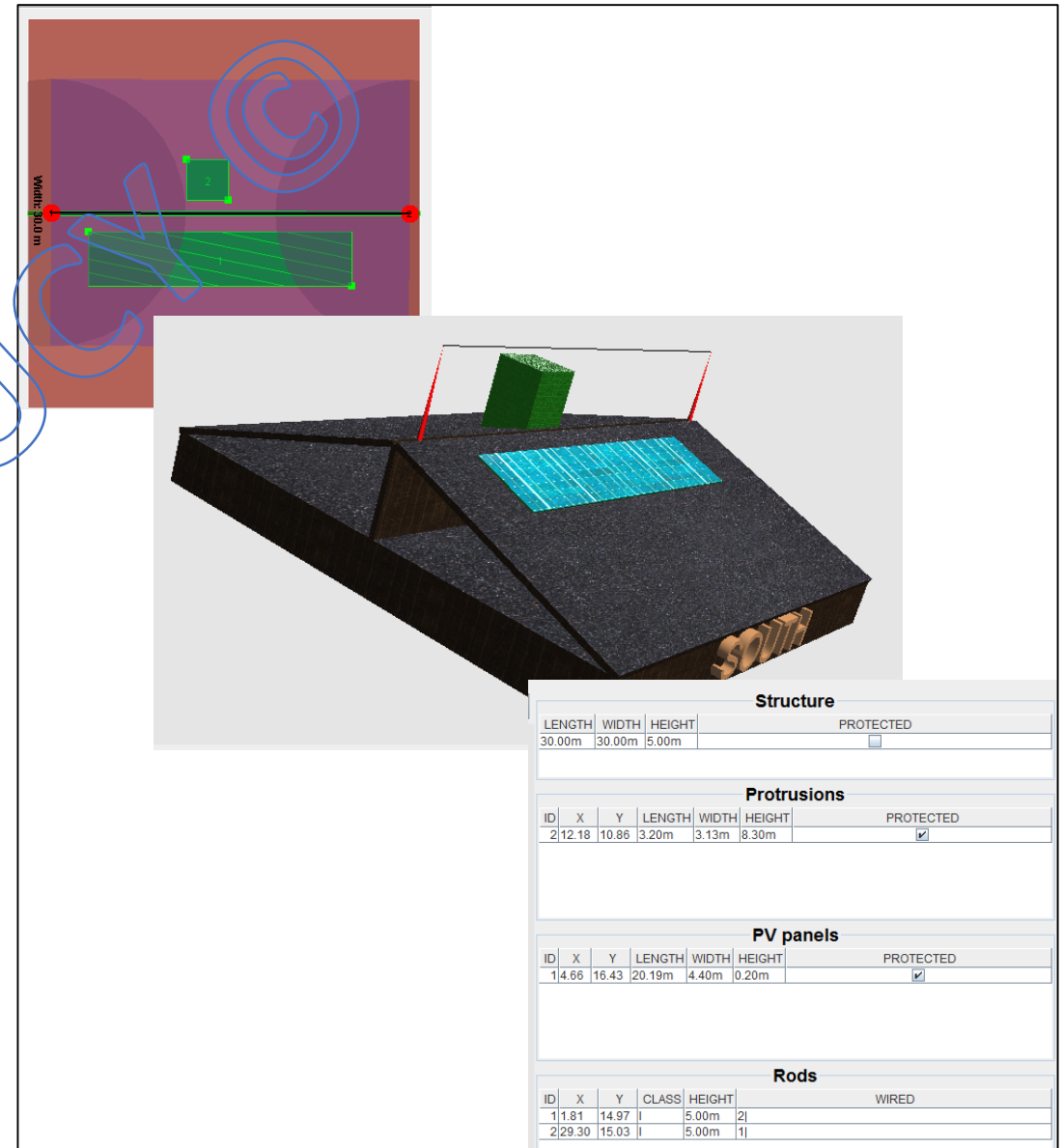


Figure E.15b – Example using two air-termination rods

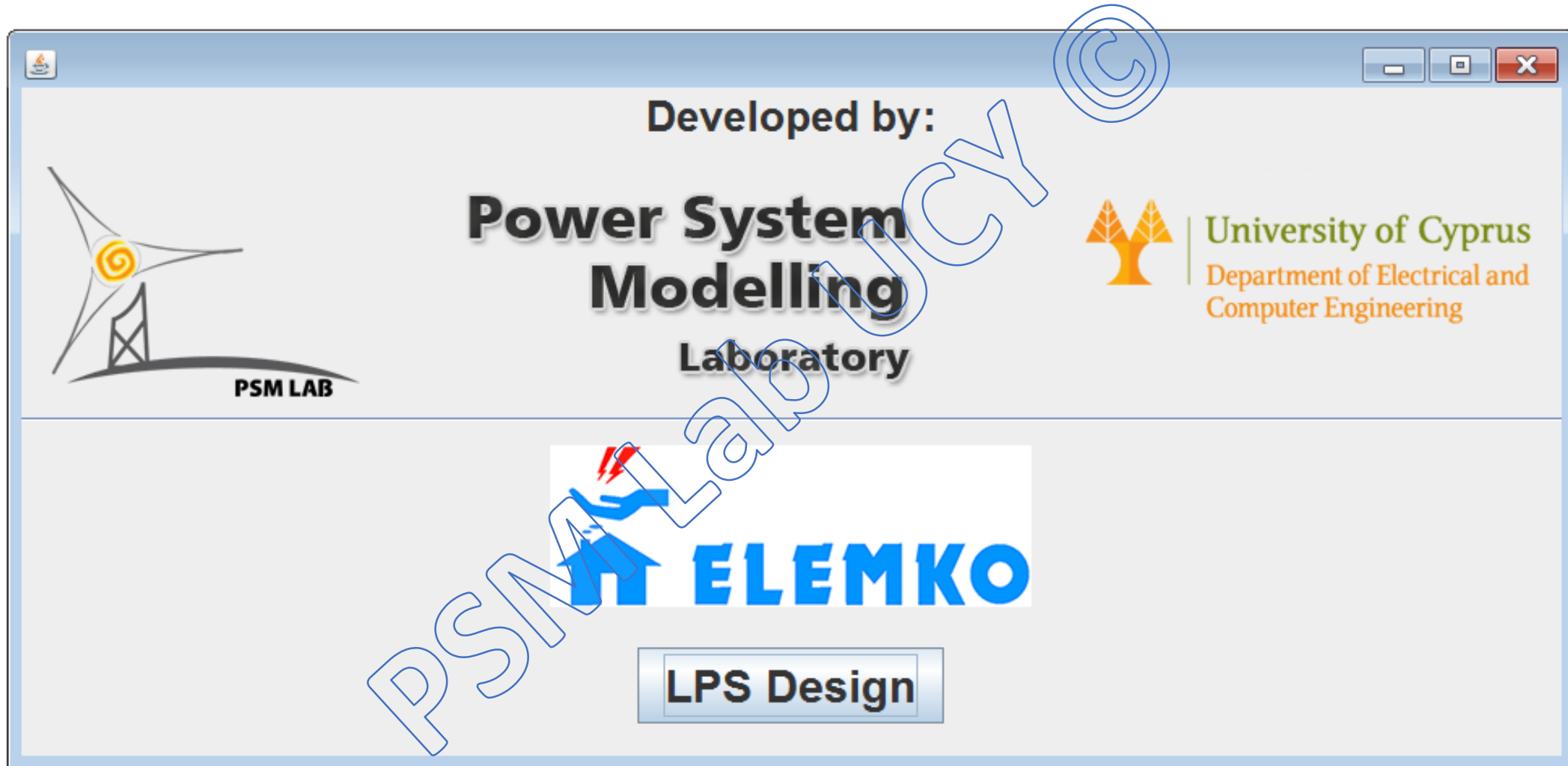


Δυνατότητες Λογισμικού Εργαλείου Σχεδιασμού Συλλεκτηρίου Συστήματος Εξωτερικής Αντικεραυνικής Προστασίας

- ❑ Σχεδιασμός Συλλεκτηρίου Συστήματος – Γωνία προστασίας και γωνία προστασίας με τεταμένους αγωγούς
- ❑ Το λογισμικό αξιολογεί:
 - Κτήρια με επίπεδη οροφή
 - Κτήρια με κεκλιμένη οροφή
 - Περιοχή με κτηριακά συγκροτήματα ίδιου ή διαφορετικού ύψους
- ❑ Η αξιολόγηση λαμβάνει υπόψη:
 - Τη Στάθμη Προστασίας που προκύπτει από την εκτίμηση κινδύνου
 - Προεξοχές κτηρίων (π.χ. καμινάδες)
 - ΦΒ συστήματα επί οροφής
 - Άλλα αντικείμενα/συσκευές επί οροφής που χρήζουν προστασίας.
- ❑ Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται:
 - Με οπτική απεικόνιση σε 2 (κάτοψη) και 3 διαστάσεις
 - Σε μορφή πίνακα με λεπτομέρειες (π.χ. διαστάσεις κτηρίων, ακίδων και περιοχών που θεωρούνται υπό προστασία).



Λογισμικό Εργαλείο Αξιολόγησης Συστήματος Αγωγών Καθόδου και Αποστάσεων Ασφαλείας 62305-3



Αναφορά σε Διεθνή Πρότυπα

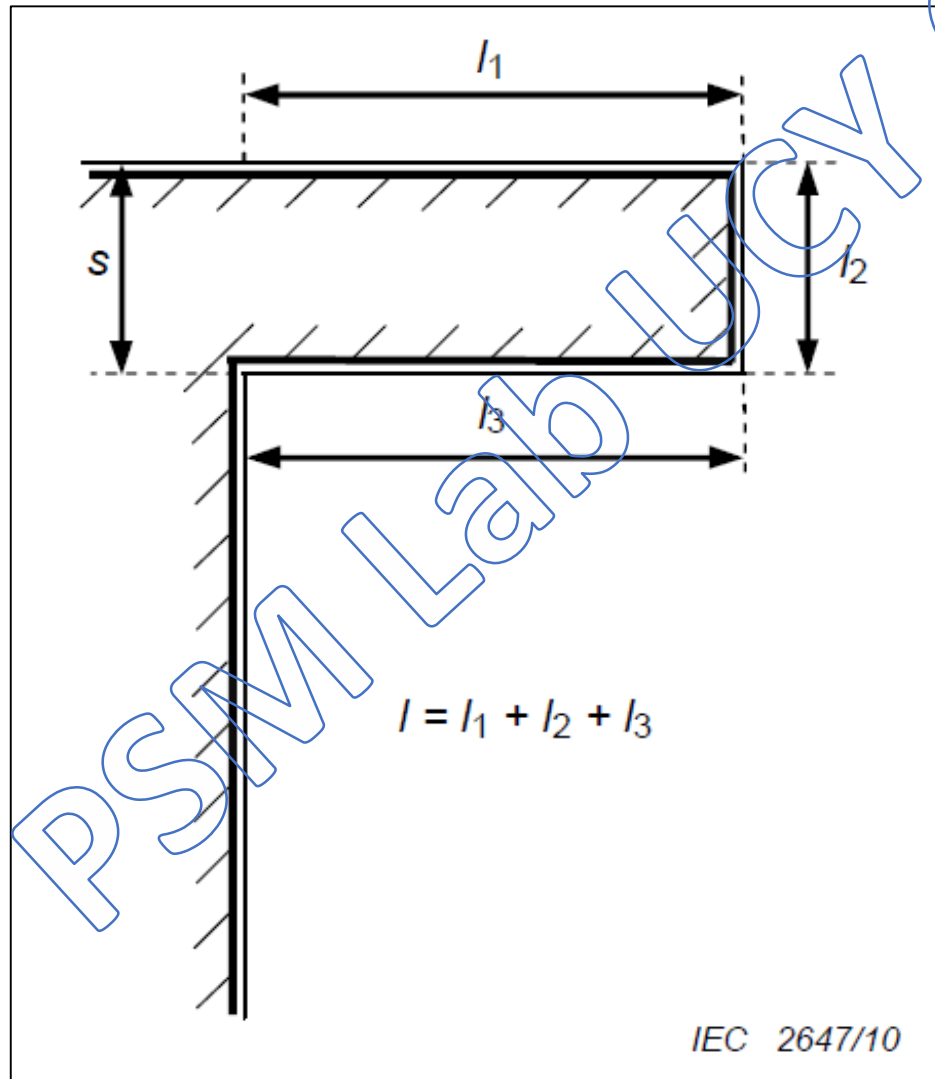
❑ Οι υπολογισμοί του Λογισμικού Εργαλείου εφαρμόζουν τις διατάξεις του προτύπου:

➤ *EN 62305 -3 “Protection Against Lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard”*

CYPRUS STANDARD	CYS EN
<hr/>	62305-3:2011
Protection against lightning -	
Part 3: Physical damage to structures and life hazard	

Παραδείγματα Υπολογισμών από το EN 62305-3

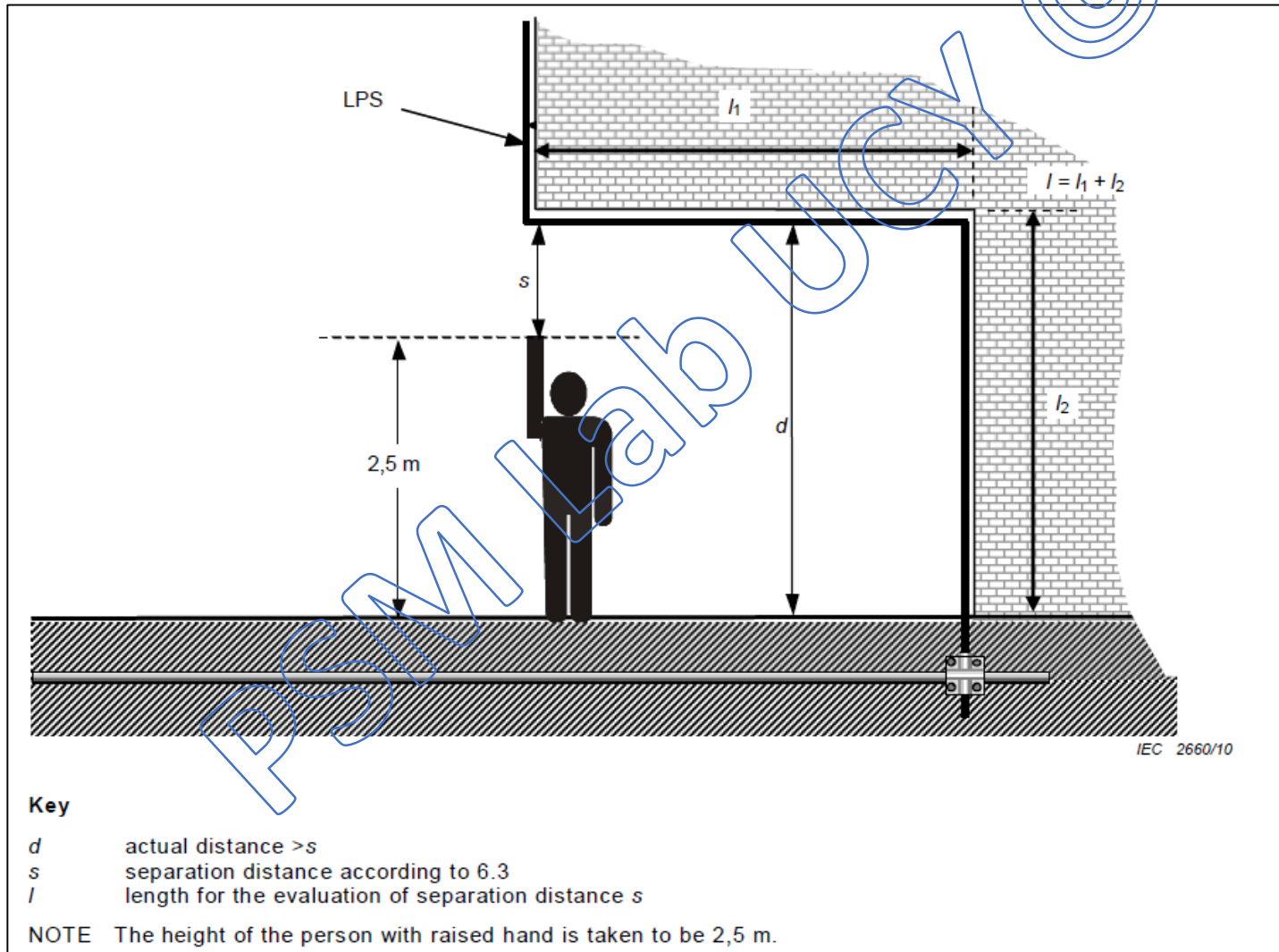
- ❑ Οι αγωγοί καθόδου αποτελούν τη συνέχεια του Συλλεκτηρίου Συστήματος. Η δημιουργία βρόγχων κατά την όδευση του αγωγού στο σύστημα γείωσης θα πρέπει να αποφεύγεται. Αν ΔΕΝ είναι αδύνατο να αποφευχθούν θα πρέπει να τηρείται μία ελάχιστη απόσταση ασφαλείας η οποία υπολογίζεται βάσει παραμέτρων των προτύπων.



$$s = \frac{k_i}{k_m} \times k_c \times l$$

Παραδείγματα Υπολογισμών από το EN 62305-3

- ❑ Οι αγωγοί καθόδου αποτελούν τη συνέχεια του Συλλεκτηρίου Συστήματος. Η όδευση του αγωγού προς το σύστημα γείωσης θα πρέπει να αξιολογείται ως προς την ελάχιστη επιτρεπτή απόσταση ασφαλείας για την αποφυγή επικίνδυνων παρεμβολών με το ανθρώπινο σώμα.



$$s = \frac{k_i}{k_m} \times k_c \times l$$

Απόσταση ασφαλείας – υπολογισμός

$$s = \frac{k_i}{k_m} \times k_c \times l$$

Όπου,

- k_i εξαρτάται από την στάθμη της αντικεραυνικής προστασίας
- k_m εξαρτάται από την διηλεκτρική αντοχή των υλικών που παρευρίσκονται μεταξύ του ΣΑΠ & της υπό προστασία συσκευής
- k_c Εξαρτάται από το πλήθος των αγωγών καθόδου και την κατανομή του κεραυνικού ρεύματος σε αυτούς
- l είναι η απόσταση (σε μέτρα) από το σημείο που εξετάζεται η απόσταση ασφαλείας έως το πλησιέστερο σημείο ισοδυναμικής σύνδεσης (ΣΑΠ & αγωγού προστασίας) ή έως το σημείο που είναι εγκατεστημένο το ηλεκτρόδιο γείωσης

Δυνατότητες Λογισμικού Εργαλείου Αξιολόγησης Συστήματος Αγωγών Καθόδου και Αποστάσεων Ασφαλείας 62305-3

- ❑ Το λογισμικό έχει τη δυνατότητα υπολογισμού:
 - της απόστασης που πρέπει να τηρείται μεταξύ **αγωγών καθόδου και εγκατεστημένου εξοπλισμού** (π.χ. Φωτοβολταϊκού συστήματος)
 - της απόστασης που πρέπει να τηρείται μεταξύ **αγωγών καθόδου που σχηματίζουν βρόχο** (π.χ. σε προεξοχές κτηρίου)
 - της απόστασης που πρέπει να τηρείται μεταξύ **αγωγών καθόδου και ατόμου** (π.χ. σε πρόβολο κτηρίου)
- ❑ Οι υπολογισμοί λαμβάνουν υπόψη:
 - Στάθμη προστασίας ΣΑΠ
 - Αριθμό και μήκος των αγωγών καθόδου
 - Υλικά απομόνωσης
- ❑ Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται:
 - Με επιστροφή χρήσιμων μηνυμάτων για εναλλακτικές λύσεις σε περίπτωση που δεν τηρούνται οι απαιτούμενες αποστάσεις.

The screenshot shows the 'Lightning Protection System Design' software interface. The main window displays several configuration options for calculating the separation distance (s):

- Select LPS class:** Class I
- Select insulation material:** Air
- Select number of down conductors:** 1 (only in case of an isolated LPS)
- Length for evaluation of separation distance (l):** l₁ (m) = 30, l₂ (m) = 30
- Select distance between LPS and ground level:** d (m) = 5

The **Result** section indicates: "The distance between cantilevered part and human (d) should be longer than insulation separation distance (s) plus 2.5 m. s + 2.5 = 7.30 m. Human is NOT safe".

On the right, a diagram illustrates the calculation of the separation distance (s) between a cantilevered part of the LPS and a human. The diagram shows a person standing on the ground, with a vertical distance 'd' from the ground to the LPS. The LPS is a horizontal line of length 'l' (where l = l₁ + l₂) extending from the ground. The separation distance 's' is the vertical distance from the top of the person to the LPS. The formula for 's' is given as: $s = \frac{k_i}{k_m} \times k_c \times l + 2.5$.

Συνοπτική Επίδειξη Λειτουργίας

